Aus der Medizinischen Universitätsklinik Freiburg i. Br.
(Direktor: Professor Dr. Thannhauser)

Die röntgenkymographische Untersuchung am gesunden Herzen mit besonderer Berücksichtigung des rechten Ventrikels

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Albert Ludwigs-Universität
zu Freiburg im Breisgau

vorgelegt von

Georg Huber
aus Bad Dürrheim

Freiburg i. Br.
Buchdruckerei Kuss & Hehle
1933

Referent:

Privat-Dozent Dr. Schilling

Mediz. Röntgenabteilung

Freiburg i. Br.

Mündliche Prüfung S. S. 1931

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Über röntgenkymographische Untersuchungen am gesunden Herzen mit besonderer Berücksichtigung des rechten Ventrikels.

Schon die alten Aerzte waren immer bestrebt, die Größe des Herzens festzustellen. Die Kenntnisse über die Herzverhältnisse des gesunden und kranken Menschen gründeten sich auf die anatomische Patologie. Schon lange war bekannt, daß Herzschädigungen eine Vergrößerung zur Folge hatten. Die Methode, die bis daher zur Verfügung stand, war die der Perkussion und Auskultation. Man kann dadurch die Herzkonturen gut darstellen. Die Methode war ausreichend, um im Zusammenhang mit den übrigen Symptomen am Krankenbett gute und sichere Diagnosen zu stellen. Doch war bei wissenschaftlichen Arbeiten diese Art der Herzgrößenmessung wegen der vielen Fehlerquellen nicht zu gebrauchen.

Ganz anders wurden die Verhältnisse durch die Einführung der Röntgenstrahlen in die medizinische Diagnostik. Und besonders durch die von Moritz im Jahre 1900 eingeführte Orthodiagraphie war die Brücke zu neuen Forschungen geschlagen. Die Orthodiagraphie besteht darin, daß die Herzsilhouette in Exspirationsstellung durch senkrecht zu dieser Ebene visierten Punkten markiert wird. Die dann nachgezogenen Punkte ergeben das Orthodiagramm. Nach den Vorschlägen von Moritz, die beinahe überall Eingang gefunden haben, mißt man die Herzgröße, indem man von der Körpermittellinie nach rechts und links die größte Entfernung angibt. Theoretisch könnte man in vielen Ebenen Orthodiagramme herstellen, um dadurch einen guten Ueberblick über Gesamtgröße und Größe der einzelnen Teile zu bekommen. Leider scheiterte dieses Verfahren an der Schattendichtigkeit des Körpers in seinen schrägen und seitlichen Durchmessern.

Ein weiterer Schritt in der Berechnung der Herzgröße war die Herzfernaufnahme. Man hat hier Thoraxaufnahmen angefertigt, bei denen die Platte vom Fokus der Röhre 2 m entfernt war. Diese Methode hat den Vorteil des beinahe parallelen Strahlenganges und der kurzen Belichtungsdauer. Für den klinischen Betrieb hat diese Aufnahmetechnik überall Eingang gefunden, dagegen wurde für wissenschaftliche Zwecke das Orthodiagramm bevorzugt.

Man war sich nämlich im Laufe der Zeit darüber klar geworden, daß man nicht nur die Herzbreite und -Länge kennen mußte, sondern auch die Größenverhältnisse der einzelnen Teile des Herzens zu einander. Es wurden in dieser Richtung verschiedene Versuche gemacht, die Länge und Breite zu einander in Verhältnis zu setzen (Dietlen u. a.). Aber einmal waren dann diese Messungen durch viele Zusatzlinien sehr schwierig und zweitens entstanden immer neue Fehlerquellen.

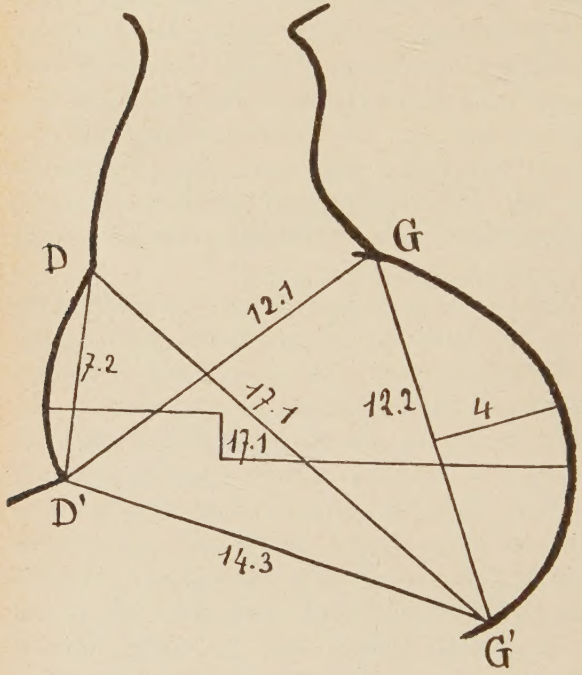

Bild 1.

Entnommen aus „Die Herzerweiterung im Durchleuchtungsbild“ von Emile Bordet

Eine neue Art der Herzmessung hat Bordet ausgearbeitet. Bordet teilte das Orthodiagramm des Herzens durch verschiedene Linien in begrenzte Flächen ein. Er suchte auf dem Orthodiagramm Flächen zu bekommen, die den wirklichen Maßen der Herzhöhlen entsprechen. Dadurch wollte er ermöglichen, die Vergrößerung der einzelnen Herzabschnitte z. B. des rechten Vorhofs oder eines Ventrikels zahlenmäßig zu messen. Zu dieser Aufteilung der Herzsilhouette brauchte er natürlich Fixpunkte. Er nahm deswegen 4 Kardinalpunkte an, nämlich D D′ G G′ (Bild 1). Den Punkt D legte er an den Schnittpunkt des rechten Vorhofbogens und des Schattens des Gefäßbandes. Den zweiten Punkt D′ legte er an den Schnittpunkt des

rechten Vorhofbogens und rechten Ventrikels. Dieser Punkt fällt nach Bordets Ansicht mit dem rechten Herzzwerchfellwinkel zusammen. Den dritten Punkt G setzte er an den Schnittpunkt des linken Ventrikelbogens mit dem linken Herzohrbogen. Der vierte Punkt war an die Herzspitze gelegt. Die Feststellung dieses Punktes machte immer die größten Schwierigkeiten, da die Herzspitze infolge der Ueberschattung durch das Zwerchfell nicht präzis festgestellt werden konnte. Es entstanden dadurch gewöhnlich Fehlerquellen von 2 und 3 cm. Bordet hat sich dadurch geholfen, daß er an den linken Ventrikelbogen eine Tangente legte, die parallel zu dem Durchmesser der Herzbasis D′ G war.

Durch die Verbindung dieser einzelnen Kardinalpunkte war es nun möglich, genauere Angaben über die Größe einzelner Herzhöhlen zu machen. So z. B. gab die Verlängerung der Bogensehne D′ D und die Vergrößerung der Bogenhöhe eine Erweiterung oder Vergrößerung des rechten Vorhofs an. Eine Verlängerung der Bogensehne G G′, was ein Herabgleiten des Punktes G′ bedeutet, sowie die Vergrößerung der Bogenhöhe über G G′ geben Aufschluß über die Vergrößerung des linken Ventrikels. Für den rechten Ventrikel kommt zahlenmäßig nur die Verbindungslinie D′ G für genauere Messung in Frage. Natürlich wurden von Bordet auch die üblichen Längs- und Quermaße des Herzens angenommen. Der Längsdurchmesser wird dargestellt durch die Verbindungslinie D G′, der Querdurchmesser oder Basaldurchmesser durch die Strecke G D′. Nebenher werden noch die orthodiagraphischen Maße der gesamten Herzbreite verwandt.

Die Größe des linken Ventrikels wird dadurch bestimmt, daß der Winkel D G′ G halbiert wird und daß man das Ventrikelovoid, das rechts von der Winkelhalbierenden gelegen ist, spiegelbildlich wiedergibt. Leider ist diese Art der Darstellung der linken Kammer durch die Art der Herstellung des Ovoids vielen Fehlerquellen unterworfen.

All diese Messungen stellte Bordet am Orthodiagramm des Herzens dar. Es ist aber weithin bekannt, daß das Orthodiagramm als subjektive Methode verschiedenen Ungenauigkeiten unterworfen ist. Bei der Feststellung der einzelnen Punkte ist man darauf angewiesen, die Ventrikel- und Vorhofspulsation genau zu verfolgen, um eventuell Ueberlagerungen zu erkennen. Diese Nachteile der Orthodiagraphie und ihrer Folgen wurden durch die Einführung der Flächenkymographie nach Stumpf behoben.

Die Apparatur zur Herstellung von Flächenkymogrammen nach Stumpf ist in ihrem Grundprinzip folgende: Vor der Kasette mit dem Film ist ein Raster angebracht, das in kleineren — gleichgroßen Abständen — gleichbreite Schlitze trägt. Dieses Raster wird bei Röntgennahaufnahme durch ein Uhrwerk oder Elektromotor in einer bestimmten, nach Wahl einzustellenden Zeit nach abwärts bewegt. So besteht die Möglichkeit, die einzelnen Herzkontrakturen gesondert aufzunehmen. Durch diese Aufnahmetechnik werden die Pulsationen des Herzens in Form von Zacken am Herzrande wiedergegeben. Aus der Form der einzelnen Zacken kann man dann die Zugehörigkeit derselben zu den einzelnen Herzteilen bestimmen. Das Aussehen der Zacken, die Stumpf in seinen früheren Arbeiten festgelegt hat, zeigt verschiedene Haupttypen: Die Ventrikelzacken zeigen die Form von Sinuskurven mit langsamem Anstieg und langsamem Abfall. Doch gibt es auch bei den Sinuskurvenzacken kleinere Abweichungen, die beim gesunden Herzen nicht berücksichtigt werden müssen. Weiterhin zeigen sich Zacken mit steilem Anstieg und langsamen Abfall, die am Gefäßband festgestellt werden. Zweizipflige Zacken entsprechen dem Randgebiet der Vorhöfe. Diese verschiedenen Zackentypen sind in dem nebenstehenden Bild genau zu erkennen (Bild 2).

Für die Doppelzipfelzacken der Vorhöfe ist noch zu bemerken, daß die Zweizipfligkeit dadurch zustande kommt, daß der Ventrikel durch den Vorhof hindurchschlägt. Demnach ist der eine Zipfel die Eigenpulsation des Vorhofs, der andere Zipfel die durchgeschlagene Pulsation des Ventrikels. Die Vergrößerung des einen oder andern Zipfels kommt besonders in Frage bei Ueberlagerung oder Ueberprojizierung der einzelnen Herzabschnitte. Je nachdem der Ventrikel oder der Vorhof stärker überlagert ist, ist der eine oder andere Zipfel verlängert. Doch bleibt manchmal dadurch eine Schwierigkeit im Festsetzen der Kardinalpunkte bestehen. Man kann sich aber dann dadurch helfen, daß man verschiedene Aufnahmen vor und nach geleisteter Arbeit vornimmt. Im allgemeinen ist aber die Unterscheidung sehr genau, so daß bei einiger Uebung im Lesen und Deuten der Zacken nur ganz geringe Fehlerquellen bestehen bleiben.

Mit Hilfe des Flächenkymogramms haben vor kurzer Zeit Arendt und Baumann an wenigen Personen die Bordet'sche Methode angewandt. Im Voraus soll jetzt bemerkt werden, was Stumpf, Baumann und andere schon gefunden haben, daß nicht

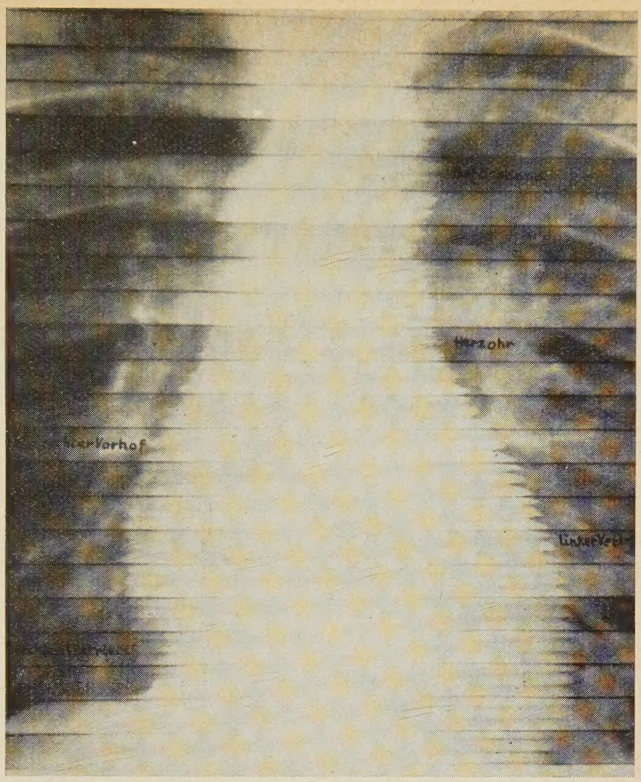

Bild 2.

nur der rechte Vorhof am rechten Herzrand der Silhouette Anteil hat und bis zum rechten Herzzwerchfellwinkel reicht, sondern daß in sehr vielen Fällen auch der rechte Ventrikel einen ziemlichen Anteil an der rechten Herzkontur hat. Die Zahl der Fälle wurde von Stumpf mit 30% angegeben. Bei den jetzt von mir angestellten Versuchen zeigt es sich, daß diese Zahl sich ungefähr verdoppelt und zwischen 50 und 60% anzunehmen ist. Die Folge daraus ist die, daß der Punkt D′ nicht mehr mit dem rechten Herzzwerchfellwinkel, wie bei Bordet in beinahe allen Fällen angegeben ist, zusammenfällt, sondern daß er immer um einiges höher steht. Dadurch ist schon bei der Bestimmung des Durchmessers des rechten Ventrikels eine Verschiebung zugunsten der Genauigkeit der Methode eingetreten. Die genaue Bestimmung der Fläche des rechten Ventrikels muß dementsprechend durch eine Zusatzmessung, was im Verlaufe der Arbeit noch näher erörtert werden wird, vervollkommnet werden.

Meine Untersuchungsmethoden waren folgende: Es wurden zur Untersuchung 25 Personen männlichen Geschlechts verwendet. Das Alter derselben war zwischen 18 und 25 Jahren. Es waren durchweg Leute, die verschiedene Sportarten teilweise in großem Maße betrieben und deswegen auch als durchschnittlich gut trainiert anzusehen sind. Nebenbei sei noch bemerkt, daß 16 dieser Personen die Pflichtübungen für das deutsche Sportabzeichen abgelegt haben. Die Versuchanordnung ging in der Weise von statten, daß von der betreffenden Versuchsperson das erste Flächenkymogramm in stehender Haltung und bei vollkommener Ruhe aufgenommen wurde. Die zweite Aufnahme wurde hergestellt, nachdem die Versuchsperson auf einem Arbeitsfahrrad 3 Minuten mit 40 Umdrehungen pro Minute bei starker Abbremsung des Rades gearbeitet hatte. Die dritte Aufnahme wurde erst wieder nach ganzer Beruhigung nach 8 bis 10 Minuten vorgenommen (gemessen an der Pulsfrequenz). Alle Kymogramme wurden in dorso-ventralem Strahlengang und als Nahaufnahme (in 70 cm Abstand) hergestellt. Von den 25 Versuchspersonen konnten nur 22 verwendet werden, da bei 3 Personen die Hiluszeichnung zu dicht war und dementsprechend durch ein zu starkes Mitschwingen dieser Teile ein schlechter Kontrast des Herzschattens zustande kam.

Als erstes will ich hier die Durchschnittswerte für die Bordet'schen Maße angeben, die an ungefähr 65 Kymogrammen gemessen wurden. Es sind dies Werte, die als Vergleichswerte dienen sollen bei Verwertung von Kymogrammen von pathologischen Herzen. Neben der gewöhnlichen Messung der orthodiagraphischen Herzbreite, die auch hier mit zirka 13 cm zu bewerten ist, kommen folgende Maße in Betracht:

Längsdurchmesser von 15,8 bis 16,6 cm
Basaldurchmesser von 10,8 bis 11,5 cm
Durchmesser des rechten Ventrikels 14,0 bis 15,0 cm
Bogensehne über dem linken Ventrikel 11,8 bis 12,3 cm
Bogenhöhe über dem linken Ventrikel 2,0 bis 2,3 cm
Bogensehne über dem rechten Vorhof 5,8 bis 6,8 cm
Bogenhöhe über dem rechten Vorhof 0,7 bis 0,8 cm

Es wurde schon von vielen Autoren wie Moritz, Dietlen u. a. festgestellt, daß die Herzsilhouette bei oder nach der Arbeit eine Verkleinerung erfährt. Die Ansichten und auch die Befunde der

verschiedenen Autoren stimmen nicht miteinander überein. Es bestehen teilweise große Gegensätze.

Nach ausgedehnten und langen Reihenuntersuchungen an einem speziell für diese Untersuchungen gebauten Arbeitsrad, an dem gleichzeitig die Kymogrammapparatur eingebaut, und das mit einem Tachometer zur ständigen Kontrolle der Arbeitsleistung versehen war, hat Gotthard festgestellt, daß bei der Arbeit zuerst eine Verbreiterung des Herzschattens zustande kommt, und erst später bei längerer Arbeit oder nach der Arbeit eine Verkleinerung des Herzens eintritt. Auch Bordet hat sich mit der Frage der Herzverkleinerung oder -Vergrößerung bei der Arbeit beschäftigt. Er führt vor allen Dingen die Arbeiten und Resultate von Boigey an. Boigey hat seine Versuche an Personen einer französischen Sportschule ausgeführt. Er hat dabei festgestellt, daß bei Arbeitsleistungen des Muskelapparats, welche die durchschnittliche Anstrengung des täglichen Lebens nicht besonders überschreiten, die Verkleinerung des Herzschattens manchmal eine beträchtliche ist. Als Grund dieser Verkleinerung nahm er eine Hypertonie des Herzens an. Die Arbeiten von Boigey wurden auch von Bordet kontrolliert. Und zwar fand auch er, daß nach kurzdauernden intensiven Arbeitsleistungen (140 Stufen einer Treppe im Eiltempo hinauf und herunter) eine Verkleinerung des Herzschattens im Orthodiagramm nachzuweisen ist. Es wurden hier trainierte und untrainierte Leute verwendet. Nach Fertigstellung des Versuchs verglich er die Orthodiagramme vor und nach der Arbeitsleistung und fand ebenfalls eine Verkleinerung des Herzschattens. Dagegen mußte er feststellen, daß einmal bei Atemstillstand und das andere Mal bei tiefer Inspiration orthodiagraphiert wurde. Er stellte daraufhin die gleichen Versuche noch einmal an, mit dem Unterschied, daß er das Orthodiagramm vor der Arbeitsleistung in tiefer Inspirationsstellung vornahm. Er will dabei gefunden haben, daß die zuvor festgestellte Verkleinerung des Herzschattens nur eine Pseudo-Verkleinerung war, die durch den Zwerchfelltiefstand und die dadurch hervorgerufene Verschiebung der Längsachse des Herzens mit der daraus folgenden anderen Projizierung vorgetäuscht war. Statt dieser Verkleinerung findet er eine Erweiterung der einzelnen Herzhöhlen, und ihre Vergrößerung und die größere Blutmenge in denselben zeigt sich dann auf dem Röntgenschirm durch eine größere Schattendichte, hervorgerufen durch eine Ueberfüllung in der diastolischen Phase der Herztätigkeit.

Daß die Verkleinerung des Herzschattens nicht von dem Hoch- oder Tiefstand des Zwerchfells abhängt, wurde schon durch die Arbeiten von Kirch erwiesen. Auch Gotthard hat, unterstützt durch seine Apparatur, stets darauf geachtet, daß unter gleichen Versuchsbedingungen, d. h. gleichem Zwerchfellstand, Kymogramme aufgenommen wurden. Auch wird von Gotthard durch das Arbeiten mit dem Flächenkymogramm, im Gegensatz zu Bordet, dem nur das Orthodiagramm zur Verfügung stand und der demnach mit Ungenauigkeiten zu rechnen hatte, die diastolische Ueberfüllung, d. h. eine Verbreiterung in der diastolischen Phase, abgelehnt. Eine Ueberfüllung und dadurch hervorgerufen eine Erweiterung des linken Ventrikels, was röntgenologisch durch eine Verbreiterung der Herzsilhouette dargestellt wird, findet nach den Untersuchungen von Straub nur dann statt, wenn eine Widerstandserhöhung vorhanden ist. Da aber bei gesunden Personen die Widerstandserhöhung fehlt, tritt keine Erweiterung oder Verbreiterung ein und es bleibt nur noch die Ansicht Gotthards übrig, daß die Verkleinerung des Herzens im Röntgenbild durch eine Verminderung des Restvolumens verursacht wird. Auch in meinen Untersuchungen konnte ich eine nach der Arbeit auftretende sichtbare Verkleinerung der Herzsilhouette feststellen, was ich im folgenden zahlenmäßig zeigen werde. (Bild 3a u. 3b.)

Nach diesen Untersuchungen ergibt sich, daß die Herzsilhouette im ganzen kleiner und abgerundet erscheint. Diese Abrundung kommt dadurch zustande, daß der Punkt G′ nach unten rückt. Der Längsdurchmesser und die Bogensehne über dem linken Ventrikel werden kürzer. Dagegen wird die Bogenhöhe über dem linken Ventrikel größer. Der Basaldurchmesser und der Durchmesser über dem rechten Ventrikel bleiben gleich oder differieren nur um geringe Beträge. Der orthodiagraphische Gesamtdurchmesser wird kleiner. Der Durchmesser über dem rechten Ventrikel erfährt deswegen keine Verkleinerung, da der rechte Ventrikel randständiger wird und der Punkt D′, der Schnittpunkt zwischen rechtem Vorhof und rechtem Ventrikel, höher rückt. Ich lasse nun drei Beispiele folgen, aus denen klar das Obengesagte zu ersehen ist. (Tabelle Seite 12.)

Zu ähnlichen Resultaten gelangt man auch, wenn man aus der ganzen Versuchsreihe die Durchschnittsmasse der einzelnen Durchmesser und Bogensehnen errechnet. Natürlich sind hier

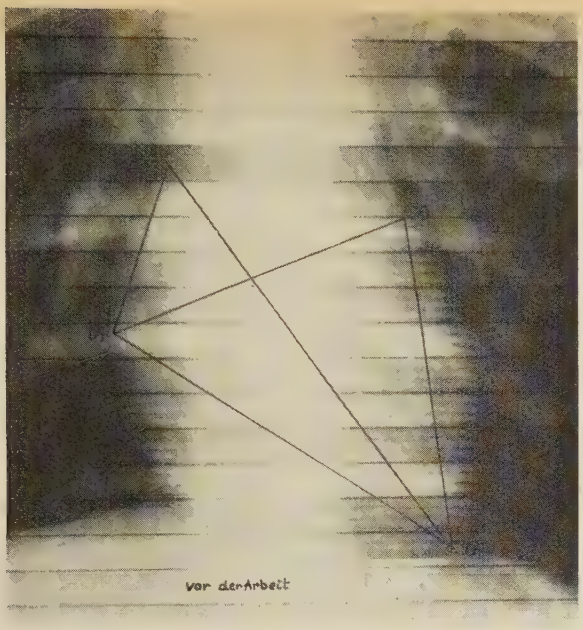

Bild 3a

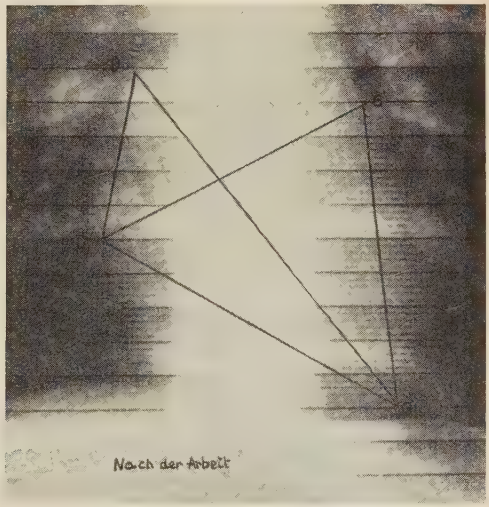

Bild 3b

die Unterschiede nicht so scharf, da die konstitutionellen Verschiedenheiten der einzelnen Versuchspersonen stark in Betracht zu ziehen sind.

	Vor der Arbeit:	Nach der Arbeit:
Längsdurchmesser	16,8	16,4
Basaldurchmesser	11,1	11,1
Durchmesser rechter Ventrikel	14,4	14,4
Durchmesser linker Ventrikel	12,3	12,1
Durchmesser rechter Vorhof	6,1	6,0
Linker Ventrikelbogen	2,0	2,5
Rechter Ventrikelbogen	0,7	0,8

Zum Schluß dieses Abschnittes möchte ich nochmal zusammenfassen: Nach der Arbeit ist eine Verkleinerung der Herzsilhouette derart festzustellen, daß der Längsdurchmesser, der Durchmesser über dem linken Ventrikel und der orthodiagraphische Gesamtdurchmesser kleiner werden. Der Basaldurchmesser und der Durchmesser über dem rechten Ventrikel bleiben gleich, die Bogenhöhe über dem linken Ventrikel wird höher. Es entsteht dadurch eine Verkleinerung und Abrundung der Herzsilhouette.

Nachdem ich die Veränderung der Herzsilhouette im ganzen durch die Ausmessung nach dem Bordet'schen Schema an mit dem Kymograph hergestellten Röntgenplatten nachgewiesen habe, komme ich daran, die Verhältnisse bei der Darstellung des rechten Ventrikels zu untersuchen.

Man hat mehrere Male versucht, die Veränderungen am rechten Ventrikel während und nach der Arbeit zu kontrollieren und zahlenmäßig festzuhalten. In den Arbeiten Straub's über das Schlagvolumen des rechten Ventrikels weist er nach, daß bei einer Vergrößerung des Schlagvolumens der rechte Ventrikel sich erweitert. Einen anderen Weg der Darstellung des rechten Ventrikels beschritt der Japaner Hiramatsu.

Hiramatsu wollte an Kaninchen die Vergrößerung der rechten Herzkammer röntgenologisch und anatomisch darstellen. Er ließ zu diesem Zweck Röntgenaufnahmen von Kaninchen herstellen in Ruhe und nachdem sie einige Zeit auf der Tretmühle bewegt waren. Daraufhin wurden die Kaninchen getötet. Anatomisch fand er eine Vergrößerung des rechten Ventrikels, doch war diese auf dem Röntgenbild nicht nachweisbar. Er hatte anscheinend den Fehler gemacht, daß er die Aufnahme in frontaler Richtung

Versuchsperson		Längs-∅	Basal-∅	R. V.	L. V.	L.V. Bog. Höhe	R. Vorhof	R. Vorh. Bog. Höhe	Gesamt-breite
A	Vor der Arbeit	16,5	10,8	12,3	11,7	1,6	6,1	0,9	13,2
	Nach der Arbeit	15,4	10,8	12,4	11,0	1,8	6,1	1,0	12,3
B	Vor der Arbeit	16,6	11,7	14,0	13,8	2,3	7,5	1,7	13,8
	Nach der Arbeit	16,0	11,6	14,0	13,2	2,6	6,5	1,2	14,2
C	Vor der Arbeit	18,4	12,0	15,5	13,0	2,2	7,0	1,0	15,2
	Nach der Arbeit	17,6	11,9	15,5	12,6	2,0	6,3	1,0	14,1

herstellte, während die Vergrößerung des Herzens in sagittaler Richtung erfolgt war.

An Hand meiner röntgenkymographischen Aufnahmen will ich versuchen, die Vergrößerung des rechten Ventrikels mit Hilfe des Bordet'schen Ausmessungsverfahrens nach der Arbeit darzustellen. Bei der Ausmessung des rechten Ventrikels nimmt Bordet als feste zahlenmäßige Angabe nur den Durchmesser (D′ G′) über dem rechten Ventrikel an. Für die Ausmessung der Größe des rechten Ventrikels wird von Bordet ähnlich wie beim linken Ventrikel eine Methode derart angegeben, daß die rechte Herzkontur, die unterhalb des Durchmessers des rechten Ventrikels liegt, spiegelbildlich auf die Herzsilhouette übertragen wird. Diese Methode hat nur den Nachteil, wie er auch selbst angibt, daß sie nur bei einzelnen Individuen, bei denen der Zwerchfellschatten nur gering ist, und somit der untere sonst verdeckte Teil der Herzsilhouette sichtbar ist, durchgeführt werden kann. Durch die Einführung der kymographischen Aufnahmen ist es sowieso schon möglich, einen größeren Teil des rechten Ventrikels festzustellen. Ich selbst habe versucht, die Veränderungen des rechten Ventrikels und damit seine zahlenmäßige Darstellung in der Weise festzustellen, daß ich die Herzsilhouette d. h. den Teil derselben, der dem rechten Ventrikel entspricht, ausplanimetrierte. Ich bin von dem Gedanken ausgegangen, daß der rechte Ventrikel und der rechte Vorhof die Vorderseite des Herzens in Situ darstellen. Somit ist der größte Teil des Herzschattens überdeckt durch den rechten Ventrikel und den rechten Vorhof. Um die Ausplanimetrierung zu erleichtern, habe ich einen weiteren Punkt (F), der den rechten Herzzwerchfellwinkel darstellt, in das Bordet'sche Schema eingeführt. Es ergibt sich somit ein Vieleck (D D′ F G′ G).

Bei der Ausrechnung dieses Vielecks hat sich ergeben, daß nach der Arbeitsleistung immer eine Vergrößerung festzustellen war. Die Vergrößerung war natürlich individuell verschieden. Bei guttrainierten kräftigen Leuten war sie verhältnismäßig gering, dagegen bei schwächeren betrug sie bis zu einigen qcm. Ich möchte dies auch an zwei hier angeführten Bildern zeigen. (Bild 4a u. 4b.) Der Unterschied betrug 4 qcm. Diese Methode läßt natürlich auch in ihrer Durchführung noch verschiedene Fehlerquellen offen. Vor allen Dingen ist für die einzelnen Versuchspersonen eine genaue Kontrolle der Arbeitsleistung durchzuführen.

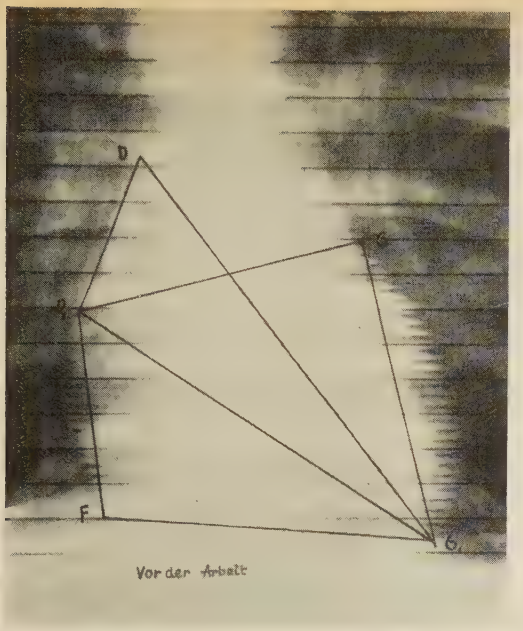

Bild 4a

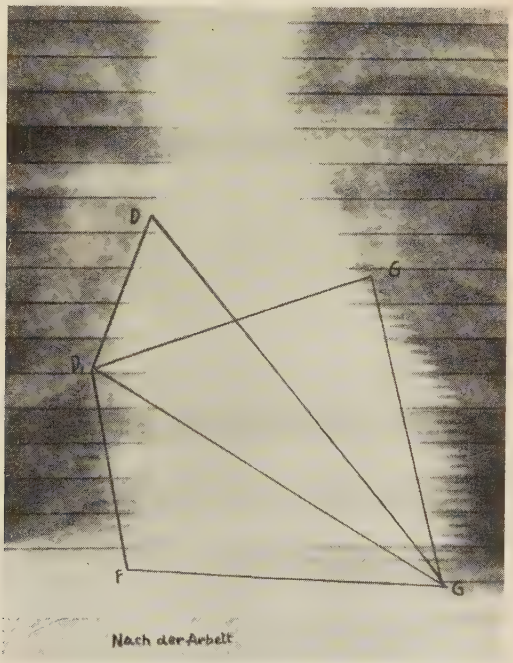

Bild 4b

Zusammenfassung:

Die Röntgenkymographie bietet gegenüber der bisherigen Untersuchungsmethode der Orthodiagraphie verschiedene Vorteile.

1. Gegenüber der Orthodiagraphie hat die Kymographie den Vorzug, alle objektiven Fehlerquellen auszuschalten.
2. Die Kymographie gibt genaue Unterscheidung der einzelnen Herzabschnitte, dargestellt durch die verschiedenen Zackenbildungen.
3. Durch diese Abgrenzung der Herzabschnitte läßt sich das Bordet'sche Ausmessungssystem gut anwenden und so Veränderungen des Herzens mit größerer Genauigkeit feststellen.

Bei der Anwendung der Bordet'schen Methode an röntgenkymographischen Aufnahmen wurde versucht, bestimmte Aufgaben zu lösen. Dabei zeigten sich folgende Resultate. Bei 50 % aller Untersuchungen war der rechte Ventrikel, der zum mindesten den unteren Teil der rechtsseitigen Herzsilhouette einnimmt, randständig. Bei den Versuchen, wie sich die Herzsilhouette vor und nach einer gewissen Arbeitsleistung verhält, konnte Folgendes festgestellt werden: Nach der Arbeitsleistung zeigt die Herzsilhouette eine Verkleinerung und Abrundung des ganzen Herzschattens. Dagegen zeigt sich eine Vergrößerung des rechten Ventrikels.

Diese Ausmessungen wurden mit Hilfe des Bordet'schen Ausmessungssystems gemacht.

Es bleibt mir noch die angenehme Pflicht, dem Referenten dieser Arbeit, dem Leiter der Röntgenabteilung der Medizinischen Klinik, Herrn Privatdozent Dr. Schilling, für die Ueberlassung des Themas meinen Dank auszusprechen.

Literaturangabe.

1. Bordet, Die Herzerweiterung im Durchleuchtungsbild, in deutscher Sprache von A. Eugster, Verlag Georg Thieme Leipzig 1928.

La dilatation physiol. du coeur. Arch. d'éléctr. méd. Jg. 16 1923.

2. Stumpf, Die Gestaltänderung des schlagenden Herzens im Röntgenbild. Fortschritte XXXVIII, 1055.

Kinematographie des Herzens und ihre Bedeutung für die Diagnostik. Münch. Med. Wo. 1929 Nr. 37 Seite 1555.

Die Isographie und Kinematographie des Herzens. Fortschritte Band XI Heft 5.

Arhymien des Herzens im Röntgenbild. Verhandlungen des Kongresses für innere Medizin Wiesbaden 1930 Seite 325.

Herzbewegung und Herzmessung. Verhandlungen der deutschen Röntgengesellschaft 1930 Verlag Thieme.

Das Röntgenographische Bewegungsbild und seine Anwendung. Verlag Georg Thieme, Leipzig 1931.

3. Gotthardt, Kymodensographische Untersuchungen des Herzens. Fortschritte XXXIX H. I.

4. Kirch, Erg. der allgem. pathol. Anatomie 23, 1930.

5. H. Straub, Die Dynamik des Herzens Bethe-Bergmann VII 1.

6. Hiramatsu, Mitt. a. d. med. Fak. d. Universität Tokio 1919.

7. Janus, Über die Technik zur Herstellung von Röntgenbewegungsbildern mit dem Kymoskop nach D. med. Pleikert Stumpf-München. Verhandlungen der deutschen Röntgengesellschaft Bd. 21, 1930 Seite 149.

8. Arendt-Baumann, Grösse und Lagebestimmung der einzelnen Herzteile mittelst des Flächenkymogramms in Ruhe und bei der Arbeit. Kl. Wo. Nr. 239.

Lebenslauf.

Ich bin geboren am 15. August 1903 als Sohn des Med.-Rat Huber in Bad Dürrheim. Jch besuchte die Volksschule in Bad Dürrheim, nachher das Realgymnasium in Villingen und machte daselbst die Reifeprüfung. Darauf studierte ich Maschinenbau an der technischen Hochschule in Karlsruhe. Ein Jahr später wandte ich mich dem Studium der Medizin zu, bestand die ärztliche Vorprüfung in Freiburg 1926. Dann studierte ich an den Universitäten Kiel, Wien und Freiburg, wo ich im Jahre 1930 das Staatsexamen bestand.